



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Διδάσκων: Καθηγητής Αθ. Στασινάκης

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΛΕΞΗ

➤ Γενικά στοιχεία για την Περιβαλλοντική Μηχανική

Τι πραγματεύεται ?

Πως δημιουργήθηκε ?

Από ποιες επιστήμες δανείζεται στοιχεία?

➤ Ειδικότερα στοιχεία για το μάθημα

Δομή

Τρόπος Εξέτασης

Βιβλιογραφία

Ερώτημα 1^ο:

Τι πραγματεύεται ο κλάδος της Περιβαλλοντικής Μηχανικής ;

Παλιότερα, ο σχεδιασμός τεχνικών έργων βασιζόταν μόνο σε **τεχνικές** και **οικονομικές** παραμέτρους

Παράδειγμα Κατασκευής Αεροδρομίου

Τεχνικές Παράμετροι: ύπαρξη επαρκούς και κατάλληλης έκτασης, προδιαγραφές κατασκευής αεροδιαδρόμου – λοιπών εγκαταστάσεων

Οικονομικές Παράμετροι: κόστος έργου σε σύγκριση με το αναμενόμενο όφελος

Αύξηση πληθυσμού
Άνοδος Βιοτικού Επιπέδου



Μεγαλύτερη χρήση πόρων
Ανίχνευση υψηλών
συγκεντρώσεων ρύπων



Σήμερα, ο σχεδιασμός και η κατασκευή τεχνικών έργων λαμβάνει υπόψη του και **περιβαλλοντικές** παραμέτρους (ενσωμάτωση στη νομοθεσία)

Παράδειγμα Κατασκευής Αεροδρομίου

Περιβαλλοντικές Παράμετροι: θόρυβος, αέριοι ρύποι, απορρίμματα, υγρά απόβλητα, απαιτήσεις σε νερό.....

Βήμα 1: Εκτίμηση επιπέδων ρύπανσης

Βήμα 2: Εφαρμογή τεχνολογιών αντιρρύπανσης και στρατηγικών διαχείρισης

Βήμα 3: Παρακολούθηση λειτουργίας συστημάτων περιβαλλοντικής προστασίας

Ερώτημα 1^ο:

Τι πραγματεύεται ο κλάδος της Περιβαλλοντικής Μηχανικής ;

Απάντηση:

Σχεδιασμό Ολοκληρωμένων Συστημάτων Περιβαλλοντικής Προστασίας (υδατικό, εδαφικό και αέριο περιβάλλον)

- μετατροπή ή αντικατάσταση υποβαθμίζουσας δραστηριότητας
- προσθήκη τεχνολογικών μέσων για τη μείωση των επιπτώσεων της

Ερώτημα 2°:

Πως δημιουργήθηκε ο κλάδος της Περιβαλλοντικής Μηχανικής ;

Μεσαίωνας – Αναγέννηση



Γαλιλαίος

[http://galileo.imss.fi
renze.it/museo/b/eg
alilg.html](http://galileo.imss.firenze.it/museo/b/eg
alilg.html)



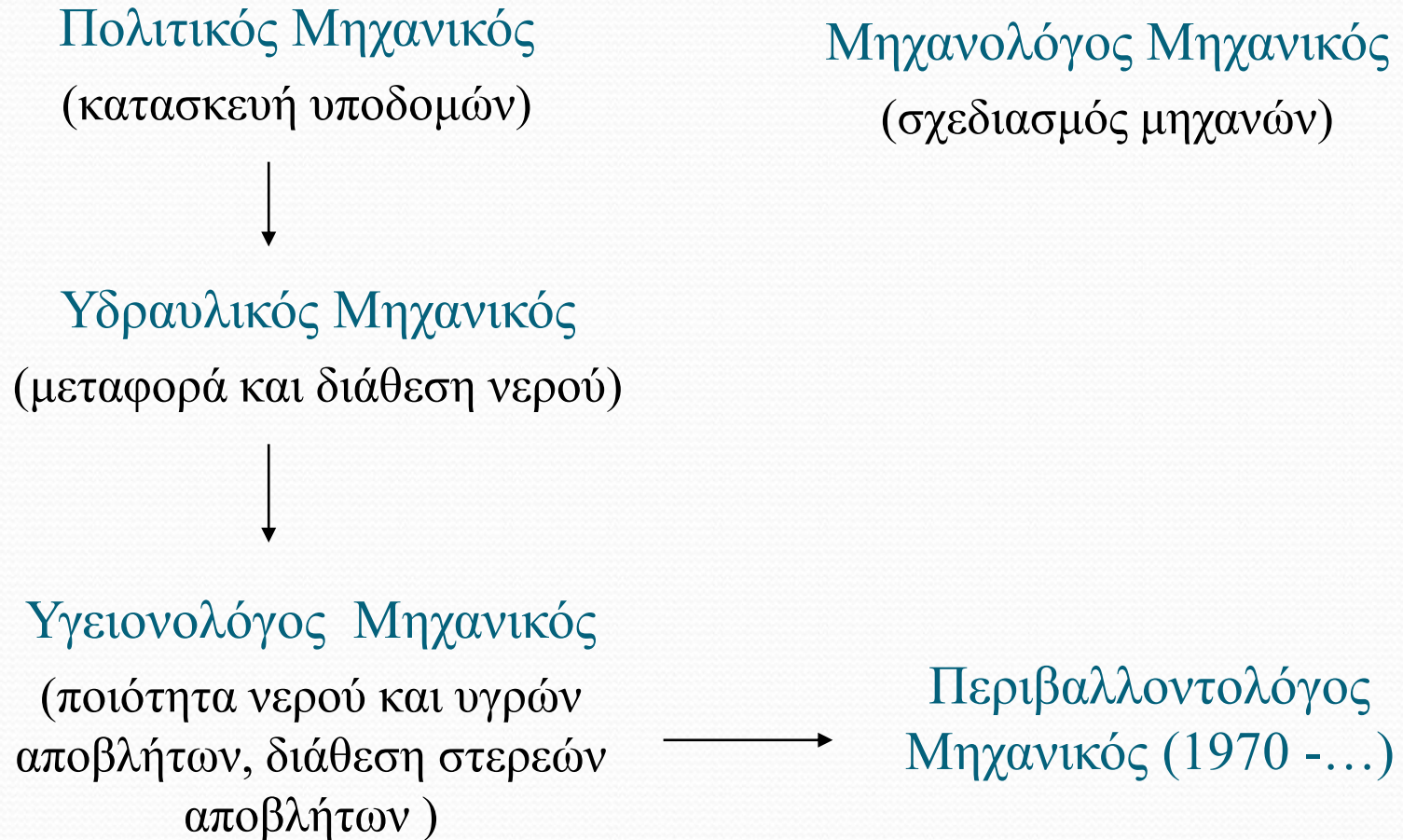
Ντα Βίντσι

[http://www.ucmp.berk
eley.edu/history/vinci.
html](http://www.ucmp.berkeley.edu/history/vinci.
html)

Βιομηχανική Επανάσταση —————> Εξειδίκευση των Επιστημών

Ερώτημα 2^ο:

Πως δημιουργήθηκε ο κλάδος της Περιβαλλοντικής Μηχανικής



Ερώτημα 3^ο:

Από ποιες επιστήμες - επιστημονικούς κλάδους δανείζεται στοιχεία;

- Χημεία (ιδιότητες νερού, μετατροπή τοξικών ουσιών.....)
- Φυσική (ακτινοβολίες, μεταφορά αέριων μαζών.....)
- Βιολογία (παθογόνοι μικροοργανισμοί, βιολογικές διεργασίες αποδόμησης αποβλήτων)
- Μηχανική (υδραυλική, χημική μηχανική.....)

Ανάγκη αντιμετώπισης νέων προβλημάτων



Περιβαλλοντική Μηχανική:

Επιστημονικός κλάδος υπό διαρκή εξέλιξη

Απαίτηση για συνεχή επιμόρφωση

Ιστορική αναδρομή για τη διάθεση υγρών αποβλήτων, ΥΑ

Αρχαία Αθήνα: 500 π.Χ. ανοικτός παντοροϊκός αγωγός
Ηριδανού (Πνύκα, Αγορά, Άρειος Πάγος)

Ανεξέλεγκτη διάθεση των ΥΑ —————> Επιδημίες χολέρας, πανούκλας,
δυσεντερίες

Παράδειγμα: Πελοποννησιακός πόλεμος, θανάτωση $\frac{1}{4}$ πληθυσμού
της Ευρώπης 14^ο αιώνα μ.Χ.

Ιστορική αναδρομή για τη διάθεση υγρών αποβλήτων, ΥΑ

Ανάγκη για περιορισμό ανεξέλεγκτης διάθεσης ΥΑ

15 αιώνα μ.Χ. : κατασκευή βόθρων

1840 μ.Χ.: συστηματική κατασκευή δικτύου αποχέτευσης στην Αθήνα

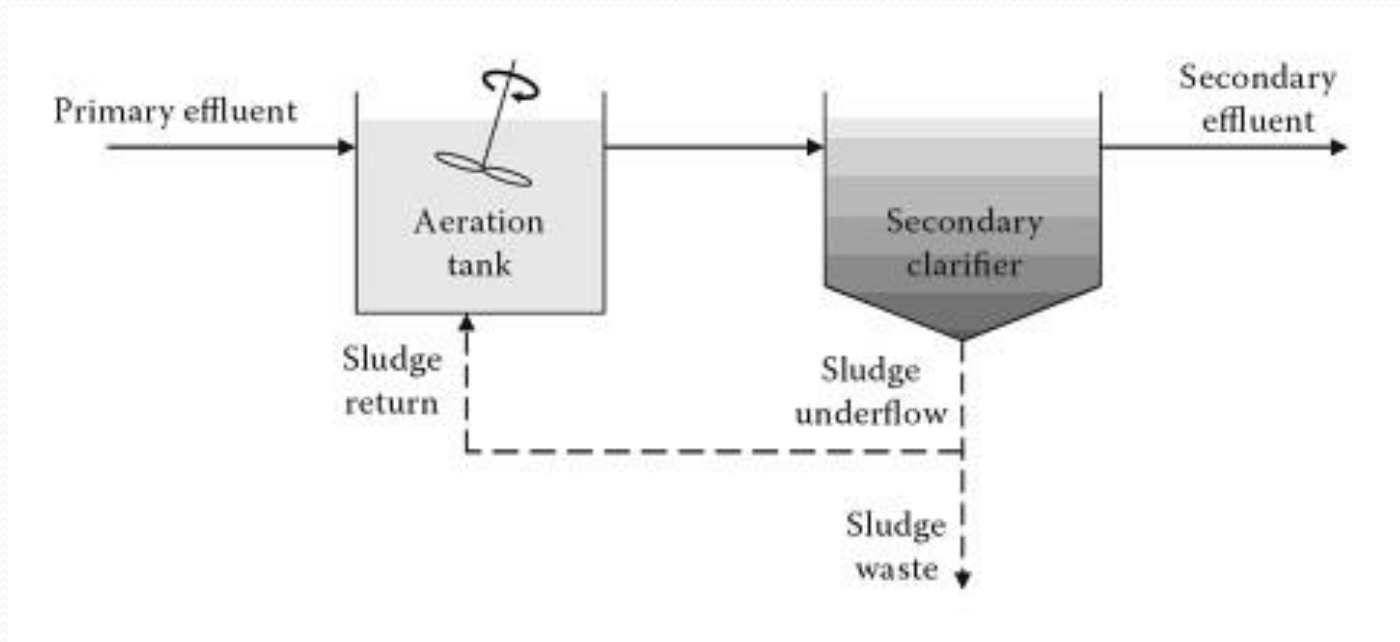
1893 μ.Χ. : μήκος δικτύου 11,5 Km (ποσοστό 12%)



Ιστορική αναδρομή για τη διάθεση υγρών αποβλήτων, ΥΑ

Ανάγκη επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (απομάκρυνση οργανικού φορτίου)

1914, Μεγ. Βρετανία: μέθοδος ενεργού ιλύος για επεξεργασία ΥΑ



Ιστορική αναδρομή για τη διάθεση υγρών αποβλήτων, ΥΑ

Αθήνα

1994, Ψυτάλλεια - πρωτοβάθμια επεξεργασία

2004, Ψυτάλλεια – δευτεροβάθμια επεξεργασία

2008 – Ψυτάλλεια – ξήρανση ιλύος



Ιστορική αναδρομή για τη διάθεση υγρών αποβλήτων, ΥΑ

Ανάγκη απομάκρυνσης ρύπων που συμβάλλουν στο φαινόμενο ευτροφισμού

Ανάπτυξη τεχνικών για απομάκρυνση N, P

Προβλήματα στη λειτουργία μονάδων

Ανάπτυξη τεχνικών για αναγνώριση μικροοργανισμών

Παρουσία τοξικών στα υγρά απόβλητα

Ανάπτυξη τεχνικών για απομάκρυνση/μελέτη συμπεριφοράς και τοξικότητας μικρορύπων

Εξοικονόμηση ενέργειας

Ανάπτυξη νέων συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων

Ιστορική αναδρομή για τη διάθεση πόσιμου νερού

Αρχαία Αθήνα:

υδροδότηση από πηγές, πηγάδια, συλλογή βρόχινου νερού,
υδραγωγεία

Ιστορική αναδρομή για τη διάθεση πόσιμου νερού

Ανάγκη για περισσότερο νερό – μεταφορά από μεγαλύτερες αποστάσεις

Έως 1924: πηγές Πάρνηθας, υπόγειος υδροφορέας

1926-1929: κατασκευή φράγματος Μαραθώνα



1956 -: Μεταφορά νερού από Υλίκη, Μόρνος Εύηνος

Ιστορική αναδρομή για τη διάθεση πόσιμου νερού

Ανάγκη για καλή ποιότητα πόσιμου νερού

Κατασκευή ΜΕΝ (Γαλάτσι, Μενίδι...)

Εφαρμογή διαφόρων τεχνικών για καθαρισμό νερού



Ανίχνευση τοξικών ουσιών που παράγονται από την απολύμανση

Εφαρμογή διαφόρων τεχνικών για απομάκρυνση συγκεκριμένων ουσιών

Μελέτη παραγόντων που ευνοούν το σχηματισμό τους

Ιστορική αναδρομή για ατμοσφαιρική ρύπανση

Βιομηχανική επανάσταση-.....: φαινόμενα κάλυψης της ατμόσφαιράς με μαύρο καπνό (Λονδίνο, 1952: 4000 θάνατοι)



Ανάγκη για χρήση άλλων καυσίμων, εφαρμογή τεχνολογιών αντιρρύπανσης

Και η περίπτωση της αιθαλομίχλης.....

Ιστορική αναδρομή για ατμοσφαιρική ρύπανση

Ανάπτυξη χημικής βιομηχανίας: ανίχνευση “νέων” ρύπων

Σεβέζο (Ιταλία): απελευθέρωση διοξινών σε περιοχή που κατοικούσαν 37000 κάτοικοι



Ανάγκη εφαρμογής τεχνολογιών αντιρύπανσης, απαγόρευση χρήσης ορισμένων ουσιών

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Ισοζύγια Μάζας και Ενέργειας (κεφ. 1 βιβλίου)
- Εξέλιξη Πληθυσμών (κεφ. 3 βιβλίου)
- Διαχείριση και Επεξεργασία Νερού και Υγρών Αποβλήτων (κεφ. 5 & 6 βιβλίου)
- Διαχείριση και Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων (κεφ. 9 βιβλίου)

ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΜΑΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ

➤ Ισοζύγια Μάζας και Ενέργειας

- ο Ποια η συγκέντρωση του Cd σε ποτάμι που δέχεται απόβλητα ?
- ο Ποια η θερμοκρασία του νερού σε ποτάμι που δέχεται νερά ψύξης από ΑΗΣ ?
- ο Ποιες οι εκπομπές SO_2 από ΑΗΣ ?

ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΜΑΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ

➤ Εξέλιξη Πληθυσμών

- Πόσος χρόνος χρειάζεται για να καταναλωθούν όλα τα αποθέματα άνθρακα στη Γη ?
- Πότε ο πληθυσμός της Γης θα φθάσει τα 14 δις ?

ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΜΑΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ

➤ Διαχείριση και Επεξεργασία Νερού και Υγρών Αποβλήτων

- Ποια κριτήρια ισχύουν για να θεωρείται το νερό πόσιμο ?
- Πως μεταβάλλεται το DO σε ποτάμι που ρίπτονται επεξεργασμένα απόβλητα ?
- Τι τεχνικές χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία νερού και αποβλήτων ?
- Τι όγκο θα πρέπει να έχει μία δεξαμενή καθίζησης για να επεξεργάζεται τα απόβλητα της Μυτιλήνης ?

ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΜΑΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ

- Διαχείριση και Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων
 - Ποιο το κόστος συλλογή των απορριμμάτων μίας πόλης ?
 - Τι ποσοστό των απορριμμάτων μπορεί να ανακυκλωθεί ?
 - Τι προδιαγραφές απαιτεί ένας Χ.Υ.Τ.Α ?

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

➤ Βιβλία: Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική και Επιστήμη

- Θεωρία
- Λυμένα παραδείγματα
- Ασκήσεις

➤ Σημειώσεις μαθήματος

➤ Λοιπή βιβλιογραφία

- Οδηγίες, websites

ΤΡΟΠΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

- Υποχρεωτική Πρόοδος 40% (μέσα Νοεμβρίου)
- Τελική Εξέταση 40% (Ιανουάριος)
- Ασκήσεις 20% (ανά δεκαπενθήμερο, ομαδικές)

ΦΥΣΙΟΓΝΩΜΙΑ ΘΕΜΑΤΩΝ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

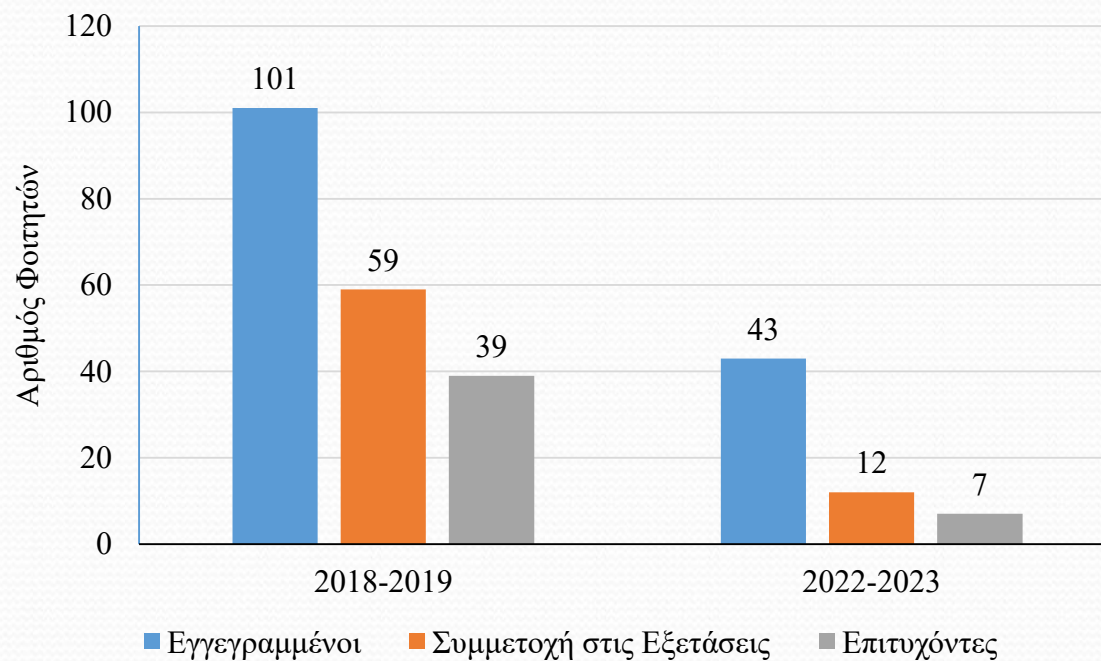
Ασκήσεις : 80 % βαθμού

Θεωρία : 20 % βαθμού (σωστό - λάθος)

Εξετάσεις με ανοικτά βιβλία

Απαγορεύεται η χρήση κινητού

ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ – 2022-2023

- Συμπληρώθηκαν 5 ερωτηματολόγια/12 που συμμετείχαν στις εξετάσεις
- Υλοποίηση μαθήματος: 4,3/5
- Διδακτική ικανότητα: 4,3/5

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ – 2022-2023

Σχόλια:

- Ίσως το πιο δύσκολο μάθημα του εξάμηνου, παρόλα αυτά είναι αρκετά ενδιαφέρον και σίγουρα προετοιμάζει τους φοιτητές για παρόμοια μαθήματα επιλογής στο επόμενο έτος
- Μου άρεσε το ότι οι ασκήσεις και τα παραδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι από πραγματικές καταστάσεις που μπορεί να συναντήσουμε στο μέλλον.
- Ενδιαφέρον μάθημα, αλλά είχε αρκετά μαθηματικά.
- Μερικές φορές δεν ήταν κατανοητές οι εκφωνήσεις των ασκήσεων
- Χρειάζονται παραπάνω ασκήσεις μέσα στην αίθουσα για ακόμη καλύτερη προετοιμασία στην εξεταστική

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑ

Αθανάσιος Στασινάκης, Καθηγητής

- ✓ Γραφείο 210, κτίριο Ξενία
- ✓ Ώρες γραφείου: Πέμπτη 10:00-12:00
- ✓ Τηλέφωνο: 22510 36257
- ✓ Email: astas@env.aegean.gr
- ✓ <https://www.linkedin.com/in/athanasios-stasinakis-97079bb4/>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΛΕΞΗΣ

- Ισοζύγια Μάζας
- Παραδείγματα

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Διεθνές σύστημα μονάδων (SI)

Μήκος $\longrightarrow$ m

Πως θα εκφραστούν μήκη όπως:

- Πάχος ατμόσφαιρας
- Απόσταση Γης – Πλανητών
- Μεγέθη μικροοργανισμών
- Μήκη κύματος ακτινοβολιών

ΠΡΟΘΕΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ποσότητα	Πρόθεμα	Σύμβολο
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{-3}	mili	m
10^3	Kilo	K
10^6	Mega	M
10^9	giga	G

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Συγκεντρώσεις ουσιών στο νερό:

“μάζα ουσίας ανά μονάδα όγκου του διαλύματος”

1 mg/l

1 μ g/l

1 ng/l

1 ppm

1 ppb

1ppt

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Σχέση mg/l με ppm = ?

$$1 \text{ mg/l} \Rightarrow 10^{-3} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr νερού} \Rightarrow 1 \text{ ppm}$$

$$1 \text{ } \mu\text{g/l} \Rightarrow 10^{-6} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr νερού} \Rightarrow 1 \text{ ppb}$$

$$1 \text{ ng/l} \Rightarrow 10^{-9} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr νερού} \Rightarrow 1 \text{ ppt}$$

Σχέση ppm, ppb, ppt = ?

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Συγκεντρώσεις ουσιών στο έδαφος ή άλλο ξηρό υλικό:

“μάζα ουσίας ανά μονάδα μάζας του ξηρού υλικού”

$1 \text{ mg/Kg} \Rightarrow 10^{-3} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr ξηρού υλικού} \Rightarrow 1 \text{ ppm}$

$1 \text{ } \mu\text{g/Kg} \Rightarrow 10^{-6} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr ξηρού υλικού} \Rightarrow 1 \text{ ppb}$

$1 \text{ ng/Kg} \Rightarrow 10^{-9} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr ξηρού υλικού} \Rightarrow 1 \text{ ppt}$

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Συγκεντρώσεις ουσιών σε αέριο:

“μάζα ουσίας ανά μονάδα όγκου αέρα”

1 mg ουσίας / m³ αέρα

1 μg ουσίας / m³ αέρα

1 ng ουσίας / m³ αέρα

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

$$\text{mg/m}^3 = \left(\frac{ppm \times MB}{22,414} \right) \times \left(\frac{273,15(K)}{T(K)} \right) \times \left(\frac{P(atm)}{1(atm)} \right)$$

P: ατμοσφαιρική πίεση (atm)

MB: μοριακό βάρος ουσίας

T: απόλυτη θερμοκρασία (K)

Παράδειγμα

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Παράμετρος	Μονάδες	Συντελεστής Μετατροπής	Μονάδες
Μήκος	m	3,2808	ft
Μάζα	Kg	2,2046	lb
Θερμοκρασία	$^{\circ}\text{C}$	$1,8(^{\circ}\text{C})+32$	$^{\circ}\text{F}$
Θερμοκρασία	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C} + 273,15$	$^{\circ}\text{K}$
Εμβαδόν	m^2	10,7639	ft^2
Όγκος	m^3	35,3147	ft^3
Όγκος	l	0,2667	gal
Ενέργεια	KJ	0,9478	Btu
Ισχύς	W	3,4121	Btu/ώρα
Ισχύς	W	1	J/s
Ταχύτητα	m/s	2,2369	mi/ώρα
Παροχή	m^3/s	35,3147	ft^3/s
Πυκνότητα	Kg/m^3	0,06243	lb/ft^3

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ



Πως ένας ρύπος διαχέεται στο περιβάλλον

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ

Αρχή Διατήρησης Μάζας:

“Η ύλη ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται”

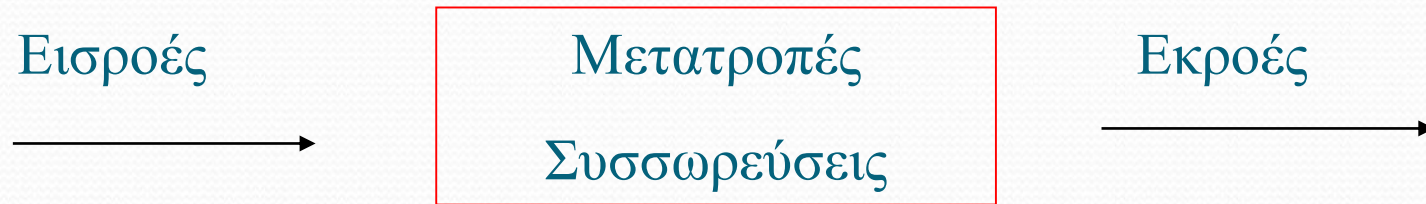
Α Βήμα: Καθορισμός Χωροχρόνου

Όρια συστήματος και χρονικό διάστημα που αναφερόμαστε
(λίμνη, $t = 24:00$)

Β Βήμα: Καθορισμός Χημικού Είδους – Ουσίας

(χρώμιο, νερό)

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ



$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} + \text{Συσσωρεύσεις} + \text{Μετατροπές}$$

- Εκροές : μέρος ουσίας που απομακρύνεται αμετάβλητο
- Συσσωρεύσεις: μέρος ουσίας που συσσωρεύεται (π.χ. σε λίμνη μέρος του εισερχόμενου φωσφόρου κατακρημνίζεται)
- Μετατροπές: μέρος της ουσίας μετατρέπεται σε μία άλλη ($\text{CO} \longrightarrow \text{CO}_2$)

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μη-Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

Αν σε ένα σύστημα:

- Επικρατούν σταθερές συνθήκες (συσσώρευση μηδενική)
- Μη μετατρέψιμα χημικά είδη (μετατροπή μηδενική)

Τότε: $\text{Εισροές} = \text{Εκροές}$

Παραδείγματα 1.1, 1.2

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

Αν σε ένα σύστημα:

- Επικρατούν σταθερές συνθήκες (συσσώρευση μηδενική)
- Μετατρέψιμα χημικά είδη (οι ρύποι συμμετέχουν σε χημικές, βιολογικές, πυρηνικές αντιδράσεις)

Τότε:

$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} + \text{Μετατροπές}$$

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

Batch

Η μετατροπή ενός χημικού είδους ακολουθεί κινητική Α τάξης

$$\frac{dC}{dt} = \pm KC \Rightarrow \int \frac{dC}{C} = \int (\pm K) dt \Rightarrow$$

$$\ln C - \ln C_0 = \pm Kt \Rightarrow \ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = \pm Kt \Rightarrow$$

$$C = C_0 e^{\pm Kt}$$

Όπου:

K: η σταθερά της αντίδρασης (t^{-1})

C: η συγκέντρωση της ουσίας τη χρονική στιγμή t (mg/l)

C_0 : η αρχική συγκέντρωση της ουσίας (mg/l)

$$\frac{dC}{dt} = -kC$$

$$\int \frac{dC}{C} = \int -k dt$$

$$\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -kt$$

$$\frac{C}{C_0} = e^{-kt}$$

$$C_0$$

$$C = C_0 e^{-kt}$$

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

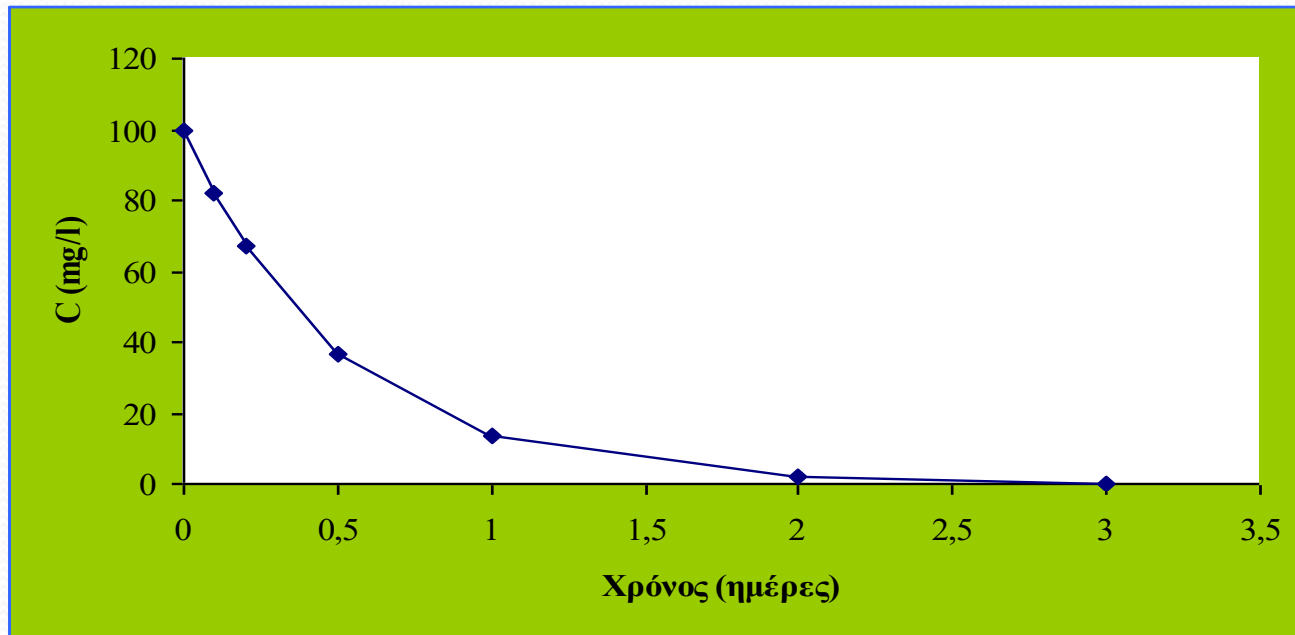
Παράδειγμα

C_0 : 100 mg/l

$K = 2 \text{ d}^{-1}$

$C_t = ?$ για $t = 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5$ days

$$C = C_0 e^{-Kt}$$



Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

Η ταχύτητα μεταβολής μίας ουσίας που κατανέμεται **ομοιόμορφα** σε όγκο V (συνθήκες πλήρους μίξης) δίνεται από την εξίσωση:

$$\frac{d(CV)}{dt} = V \times \frac{dC}{dt}$$

Εφόσον ισχύει:

$$\frac{dC}{dt} = \pm KC$$

Τότε:

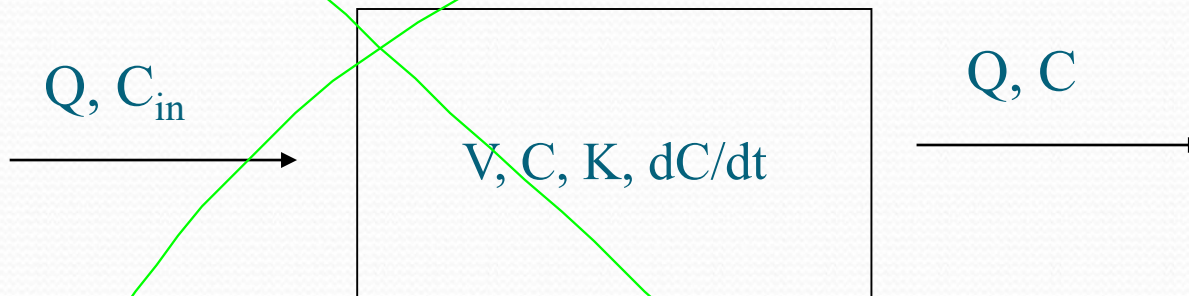
$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} + \text{Μετατροπές}$$

$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} \pm KCV$$

Παραδείγματα 1.3, 1.4

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

Εισροές = Εκροές + Συσσωρεύσεις + Μετατροπές



$$(Q \times C_{in}) = (Q \times C) + \left(V \times \frac{dC}{dt} \right) + (K \times C \times V)$$

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

$$(Q \times C_{in}) = (Q \times C) + \left(V \times \frac{dC}{dt} \right) + (K \times C \times V)$$

Q: παροχή (l/ώρα)

C_{in} : συγκέντρωση ρύπου στο εισερχόμενο ρεύμα αποβλήτων (mg/l)

C: συγκέντρωση ρύπου στον αντιδραστήρα/εξερχόμενο ρεύμα αποβλήτων

V: όγκος αντιδραστήρα (l)

K: σταθερά αντίδρασης (ώρα⁻¹)

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

$$(Q \times C_{in}) = (Q \times C) + \left(V \times \frac{dC}{dt} \right) + (K \times C \times V) \quad \Rightarrow$$

$$V \times \frac{dC}{dt} = (Q \times C_{in}) - (Q \times C) - (K \times C \times V)$$

Σε σταθερές συνθήκες ($t=\infty$), ισχύει ότι $dC/dt=0$ και $C = C_{\infty}$ άρα

$$C_{\infty} = \frac{(Q \times C_{in})}{(Q + KV)}$$

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

Πριν την επίτευξη σταθερών συνθηκών (t), προκύπτει:

$$C_t = C_\infty + (C_0 - C_\infty)e^{-(K+Q/V)t}$$

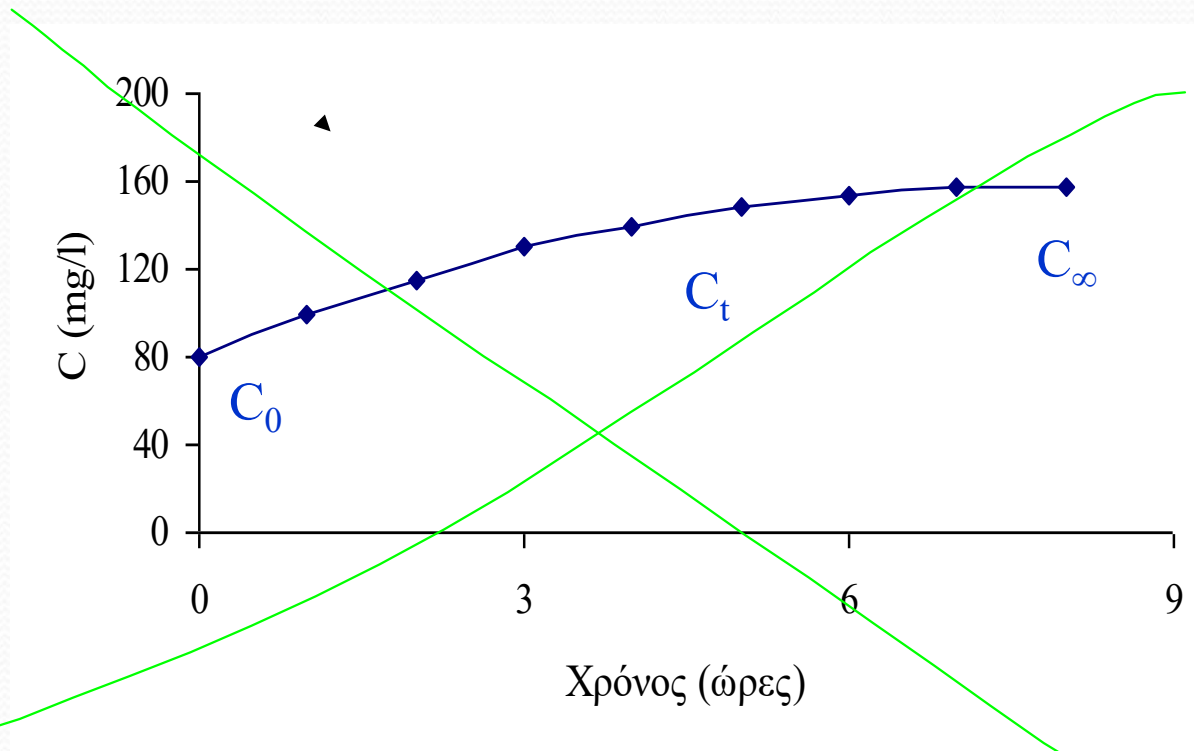
C_0 = συγκέντρωση στον αντιδραστήρα, $t=0$

C_t = συγκέντρωση στον αντιδραστήρα, t

Αν $t = 0$ τότε $C_t = C_0$

Αν $t = \infty$ τότε $C_t = C_\infty$

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση



Παραδείγματα 1.5, 1.6

CSTR (Nigun)

$$C = C_0 e^{-(\frac{1}{\tau} + k) t}$$

$$+ \frac{Q_{in}}{V(k - \frac{1}{\tau})}$$

$$(1 - e^{-(\frac{1}{\tau} + k) t})$$

$$\frac{dV}{dt} = Q_{in}C_{in} - Q_{out}C_{out} - kVC$$

Set 1^o

1) Βημείονα καταλάβω
ότι κάθε σφιστήριον
είναι + τωός

$$\underbrace{C}_{\text{Ευρον}} = \underbrace{C e^{-\frac{(1+k)t}{\epsilon}}}_{\text{Ευρον}} \cdot \underbrace{t}_{\text{σφιστήριον}}$$

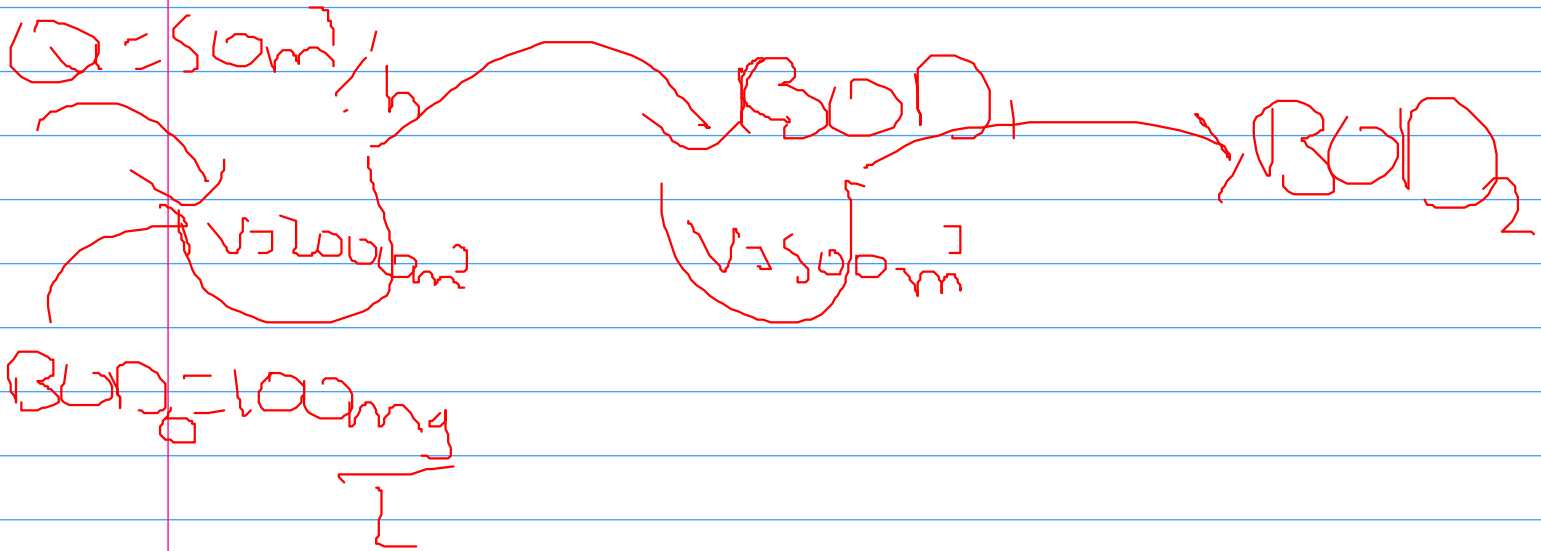
Βήμα 2^ο Σε TI κατα-
στην είναι

Είναι σφιστήριον

$$\text{Ευρον} = \text{Ευρον}$$

Phyca 3^o ϕ ticaXVW

ONPhyca



Taxutita pluwans ϕ $K = 0.5$
 d

$$C = \frac{C_{in}}{1 + K \cdot T}$$

$$\tau = \frac{V}{Q}$$

Para 1^a Niuvn

$$T_1 = \frac{V_1}{Q_1} = \frac{2000 \cancel{\text{m}^3}}{50 \cancel{\text{m}^3} \cdot \frac{1}{h}}$$

$$T_1 = 40h$$

$$T_1 = 40hr \cdot \frac{1d}{24hr}$$

$$T_1 = 1.67d$$

$$C_1 = \frac{C_0}{1 + k_1 T_1} = \frac{100 \text{mg/L}}{1 + 0.5d \cdot 1.67d}$$

$$\Rightarrow C_1 = 54$$

Ισοζύγια Μάζας $\xrightarrow{\text{Αρχή διατήρησης μάζας}}$ **Ροές υλικών σε ένα σύστημα**

Ισοζύγια Ενέργειας $\xrightarrow{\text{Νόμοι θερμοδυναμικής}}$ **Ροές ενέργειας σε ένα σύστημα**

Ενέργεια = ικανότητα πραγματοποίησης έργου

[Joule (J), British thermal unit (Btu), Kcal]

1KJ = 0,9478 Btu (πίνακας 2.1 σελ 7)

Ισχύς = ρυθμός πραγματοποίησης έργου —————> ενέργεια/χρόνο

[J/sec, Btu/h, Watt (W)]

1 J/sec = 1 W = 3,412 Btu/h (πίνακας 2.1 σελ 7)

Ισοζύγια Ενέργειας

Α Θερμοδυναμικός Νόμος

“Η ενέργεια ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, αλλά αλλάζει μορφή”

Παράδειγμα Ατμοηλεκτρικού Σταθμού

$E_{\text{χημική (καύσιμο)}} \longrightarrow E_{\text{θερμική}} \longrightarrow E_{\text{ηλεκτρική}}$

Παράδειγμα Υδροηλεκτρικού Σταθμού

$E_{\text{δυναμική (νερού)}} \longrightarrow E_{\text{μηχανική}} \longrightarrow E_{\text{ηλεκτρική}}$

Ορισμός Συστήματος (μηχανή, εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας, Γη...)

Ισοζύγια Ενέργειας

Α Θερμοδυναμικός Νόμος

“Η ενέργεια ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, αλλά αλλάζει μορφή”

Ορισμός Συστήματος (μηχανή, εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας, Γη...)

Για κάθε σύστημα ισχύει:

$$\text{Εισρέουσα } E = \text{Εκρέουσα } E + \text{Μεταβολή } E_{\text{εσωτ}}$$

Όπου $E_{\text{εσωτ}}$: αποθηκευμένη ενέργεια στο σύστημα (άθροισμα ενεργειών μορίων)

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Προσθήκη Ενέργειας => Αύξηση θ συστήματος

Ειδική θερμότητα, c : ποσό ενέργειας που προκαλεί αύξηση της θ μίας μονάδας μάζας ενός υλικού κατά 1°C ($\text{Kcal/Kg }^\circ\text{C}$)

1 Btu = ενέργεια που απαιτείται για αύξηση της θ 1 lb νερού κατά 1°F

1 Kcal = ενέργεια που απαιτείται για αύξηση της θ 1 Kg νερού κατά 1°C

$$1 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C} = 1 \text{ Btu/lb }^\circ\text{F} = 4,184 \text{ KJ/Kg }^\circ\text{C}$$

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ειδική θερμότητα, c (KJ/Kg $^{\circ}\text{C}$)

Νερό	4,18
Χαλκός	0,39
Έδαφος	0,84
Πάγος	2,1
Ατμός (100 $^{\circ}\text{C}$)	2,0

Ρόλος ωκεανών στις παρατηρούμενες μικρές αλλαγές θερμοκρασίας παράκτιων περιοχών

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Στα περιβαλλοντικά συστήματα ισχύει:

$$\Delta E_{\text{εσωτ.}} = m c \Delta T$$

$\Delta E_{\text{εσωτ.}}$: μεταβολή $E_{\text{εσωτ}}$

m : μάζα (Kg)

c : ειδική θερμότητα (Kcal/Kg $^{\circ}\text{C}$)

ΔT : μεταβολή θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ισχύει:

$$\text{Εισερχόμενη } E = \text{Εξερχόμενη } E + (m \cdot c \cdot \Delta T)$$

Παράδειγμα 1.7

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ισχύει:

$$\text{Εισερχόμενη } E = \text{Εξερχόμενη } E + (m \cdot c \cdot \Delta T)$$

- Η c παραμένει σταθερή για το δεδομένο θερμοκρασιακό εύρος (μικρή απόκλιση για διαφορετικές θ)
- Δεν έχουμε μεταβολή φάσης υλικού

Ισοζύγια Ενέργειας

Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Όταν ένα υλικό αλλάζει φάση:

Απορροφάται ή Απελευθερώνεται Ενέργεια χωρίς μεταβολή της θ

Λανθάνουσα Θερμότητα Τήξης:

ενέργεια για αλλαγή φάσης 1 μονάδας μάζας υλικού από τη στερεή στην υγρή φάση ($P_{\text{σταθ}}$)

Λανθάνουσα Θερμότητα Εξάτμισης:

ενέργεια για αλλαγή φάσης 1 μονάδας μάζας υλικού από την υγρή στην αέρια φάση ($P_{\text{σταθ}}$)

Ισοζύγια Ενέργειας

Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ιδιότητες Νερού	Μονάδες SI	Μονάδες USCS
Ειδική Θερμότητα (15 °C)	4,184 KJ/Kg °C	1,0 Btu/lb °F
Ειδική Θερμότητα (< 0 °C)	2,1 KJ/Kg °C	
Ειδική Θερμότητα (> 100 °C)	2,0 KJ/Kg °C	
Λανθάνουσα Θερμότητα Εξάτμισης	2257 KJ/Kg	972 Btu/lb
Λανθάνουσα Θερμότητα Τήξης	333 KJ/Kg	144 Btu/lb
Πυκνότητα (4 °C)	1000 Kg/m ³	62,4 lb/ft ³

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

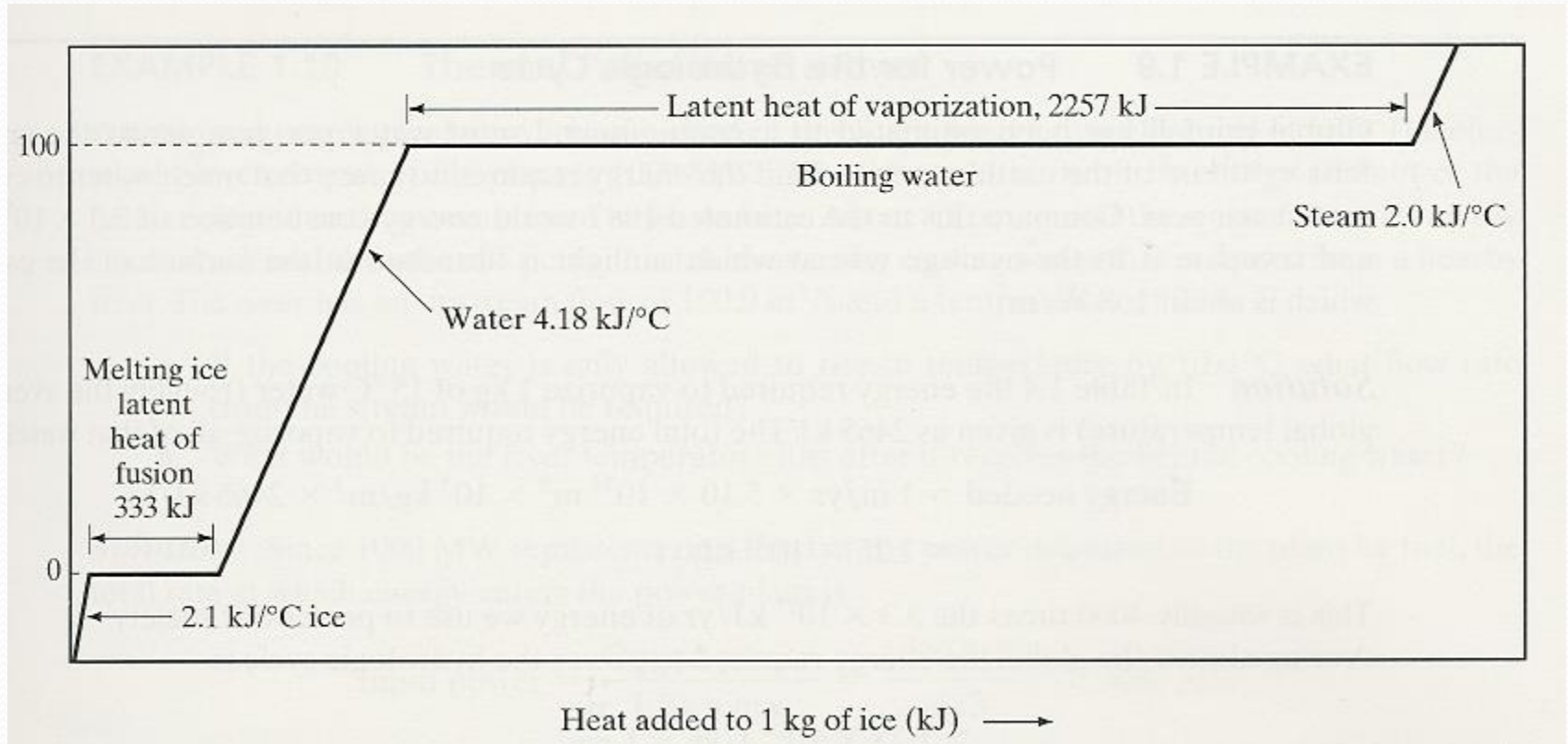
Ενέργεια που απελευθερώνεται ή απορροφάται κατά τη μεταβολή φάσης:

$$E = m L$$

m: μάζα υλικού

L: λανθάνουσα θερμότητα τήξης ή εξάτμισης

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος



Μετατροπή πάγου σε ατμό

Πως επηρεάζει τη θ ο σχηματισμός χιονιού ή βροχής;

Παράδειγμα 1.8

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Σε περιπτώσεις ανοικτών συστημάτων (ροή μάζα και ενέργειας):

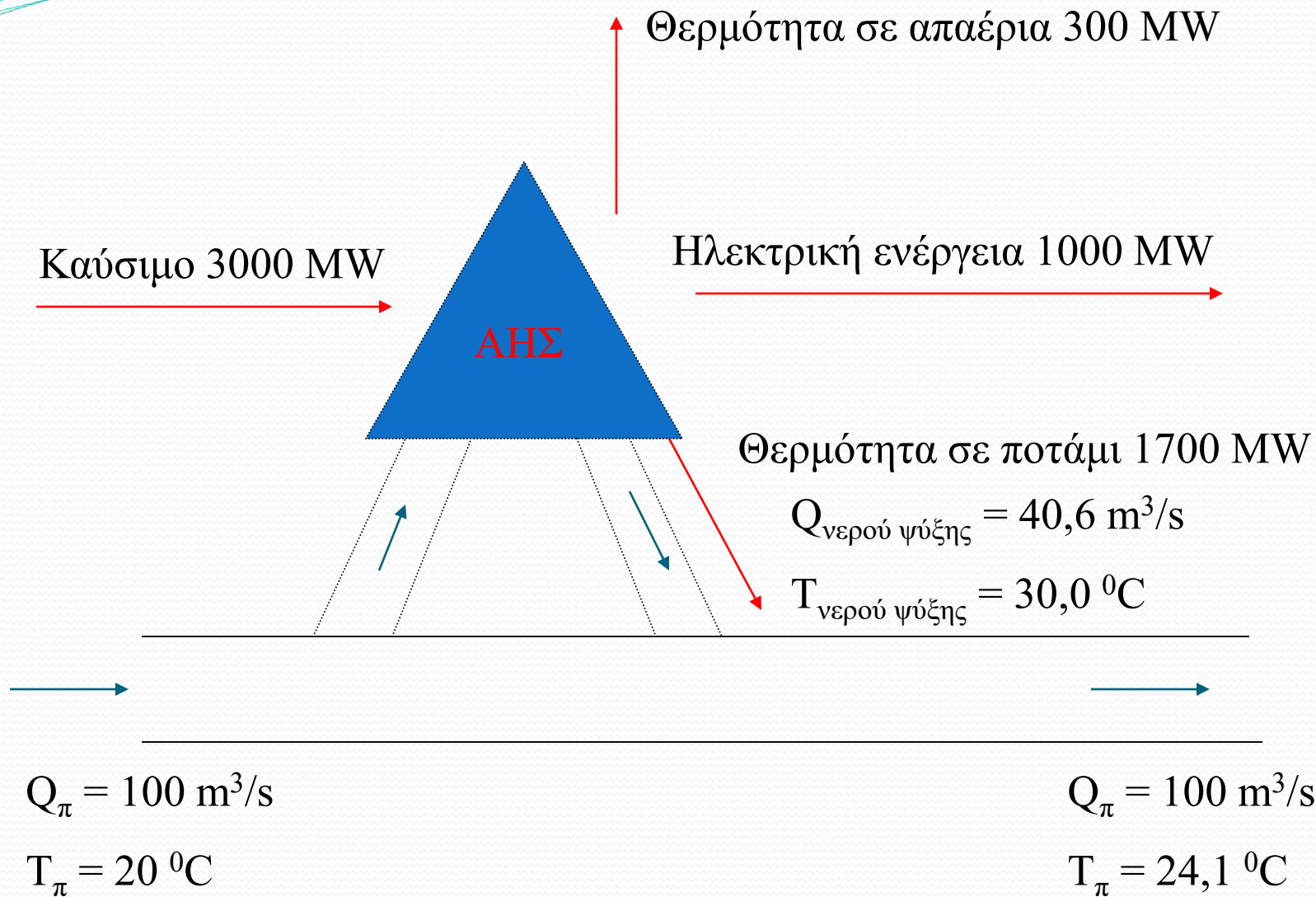
$$\text{Ρυθμός μεταφοράς ενέργειας} = \Delta E_{\text{εσωτ}} = m^0 c \Delta T$$

m^0 : ρυθμός μεταφοράς μάζας στο σύστημα ($\text{m}^3/\text{s} \times \text{Kg}/\text{m}^3$)

ΔT : αλλαγή θερμοκρασίας ρευστού που είναι φορέας της θερμοκρασίας

$\Delta^0 E_{\text{εσωτ}}$: ρυθμός μεταφοράς ενέργειας (J/s ή W)

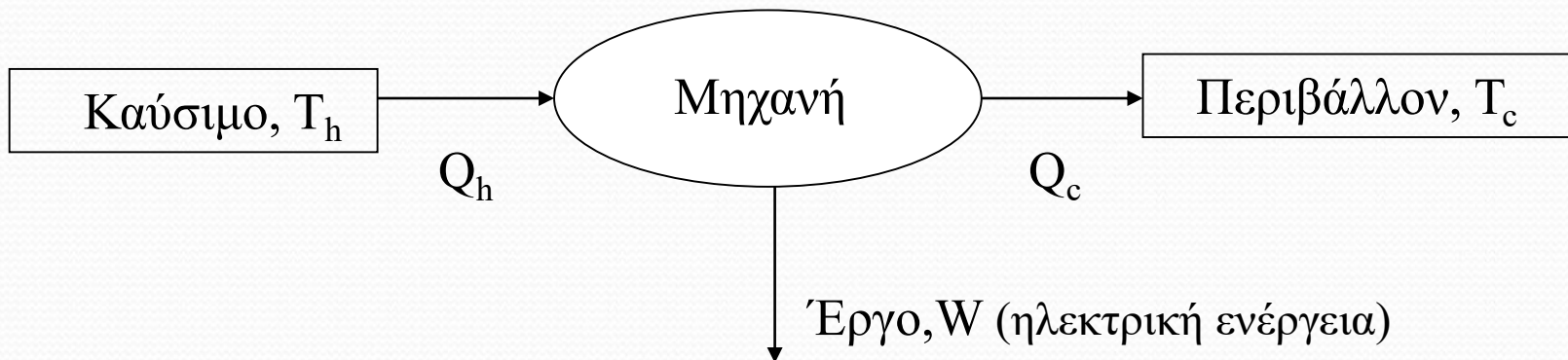
Παράδειγμα 1.9



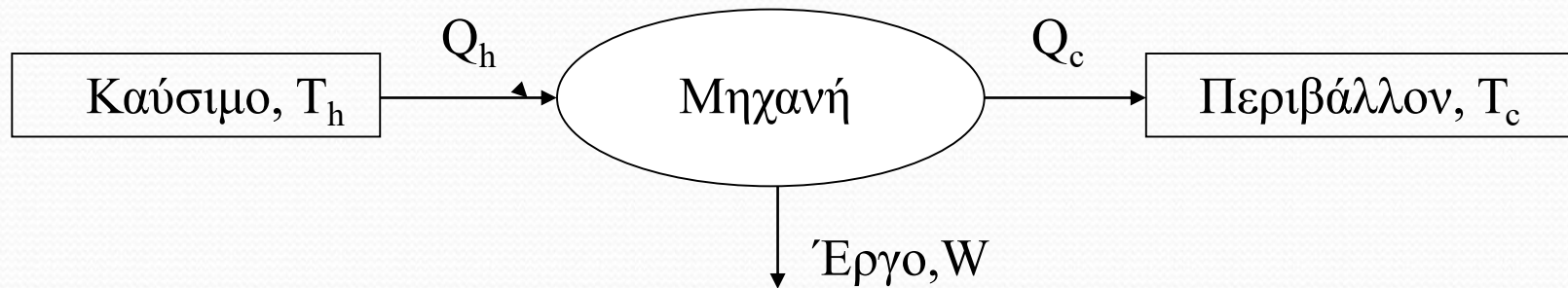
Ισοζύγια Ενέργειας Β' Θερμοδυναμικός Νόμος

Β' Θερμοδυναμικός Νόμος

“Καμία μετατροπή ενέργειας δεν είναι απόλυτα αποδοτική, αλλά πάντα υπάρχουν απώλειες ενέργειας ”



Ισοζύγια Ενέργειας Β' Θερμοδυναμικός Νόμος



Απόδοση Μηχανής

$$n = \frac{W}{Q_h} = \frac{(Q_h - Q_c)}{Q_h} = 1 - \frac{Q_c}{Q_h}$$

Μηχανή Carnot

$$n_{\max} = 1 - \frac{T_c(K)}{T_h(K)}$$

Ισοζύγια Ενέργειας

Β' Θερμοδυναμικός Νόμος

Θερμοηλεκτρικός
σταθμός

$$n_{\max} = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{(20 + 273)}{(600 + 273)} = 0,66 \longrightarrow n = 0,33$$

Χρήση νερού
ωκεανών για
παραγωγή
ρεύματος

$$n_{\max} = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{(5 + 273)}{(30 + 273)} = 0,08 \longrightarrow n = 0,03$$

Παράδειγμα 1.10

Μεταφορά Θερμότητας

- Μέσω επαφής (στερεά σώματα)
- Καλοί αγωγοί θερμότητας, (μέταλλα)
- Κακοί αγωγοί θερμότητας ή μονωτές (μαλλί, ξύλο, πάγος) => δεν επιτρέπουν απώλεια θερμότητας
- Διαμέσου του υγρού ή αέριου μέσου που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο αντικειμένων
- Μέσω ακτινοβολίας (ηλεκτρομαγνητικά κύματα)

Μεταφορά Θερμότητας

$$q = \frac{A(T_i - T_o)}{R}$$

q = ρυθμός μεταφοράς θερμότητας (W ή Btu/ώρα)

A = επιφάνεια μεταφοράς (m^2)

T_i = θερμοκρασία στη μία πλευρά της επιφάνειας ($^{\circ}C$)

T_o = θερμοκρασία στην άλλη πλευρά της επιφάνειας ($^{\circ}C$)

R = ολική θερμική αντίσταση ($m^2 \text{ }^{\circ}C/W$)

Παράδειγμα 1.11

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας

➤ Κάθε σώμα εκπέμπει θερμική ακτινοβολία – Σύγκριση με μέλαν σώμα

➤ Μέλαν σώμα: τέλειος πομπός και δέκτης ενέργειας

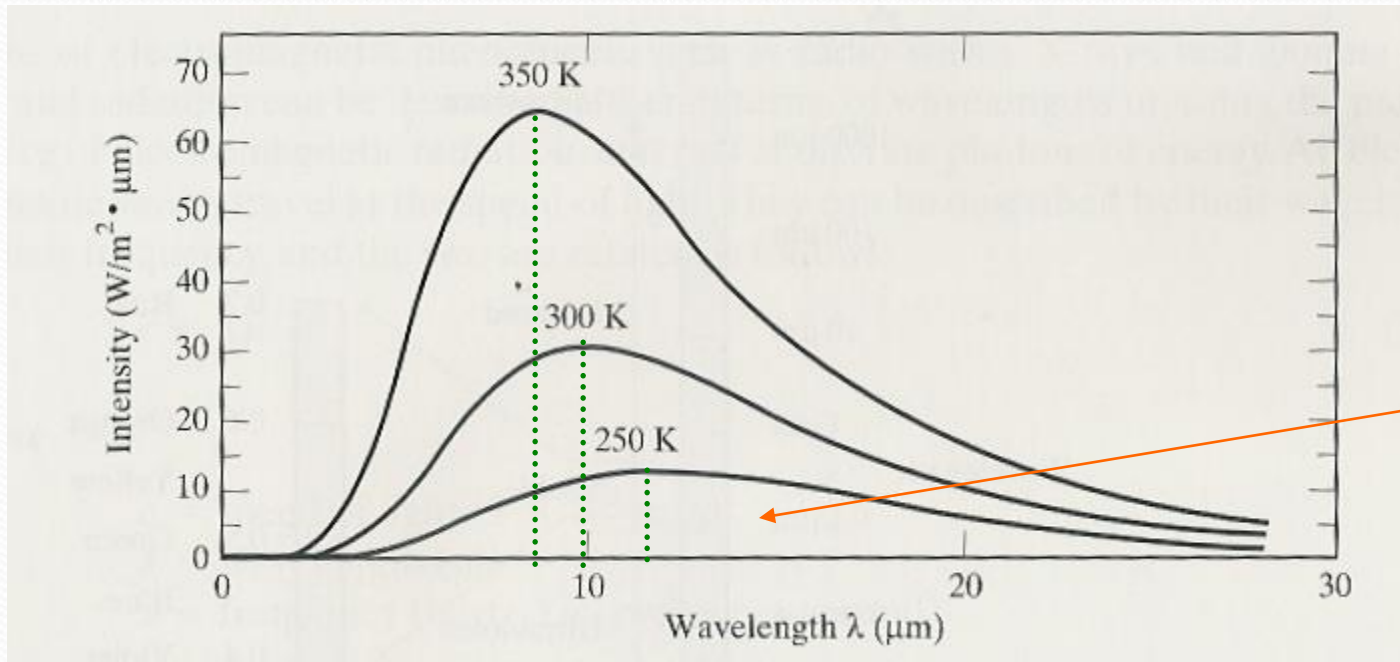
➤ Ικανότητα εκπομπής, ϵ : ακτινοβολία που εκπέμπει ένα αντικείμενο / ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα ίδιας θ

$\epsilon = 0,9$ (έρημος)

$\epsilon = 0,95$ (νερό)

$\epsilon = 0,96$ (ανθρώπινο σώμα)

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας



Συνολική
ενέργεια που
εκπέμπεται

- Αντικείμενα με υψηλότερη θερμοκρασία εκπέμπουν περισσότερη ενέργεια
- Η μέγιστη ενέργεια εκπέμπεται σε χαμηλότερα μήκη κύματος

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας

$$E = \sigma A T^4$$

E = συνολικός ρυθμός εκπομπής μέλαν σώματος (W)

σ = σταθερά Stefan-Boltzmann = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

T = απόλυτη θερμοκρασία αντικειμένου (K)

A = επιφάνεια αντικειμένου (m^2)

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας

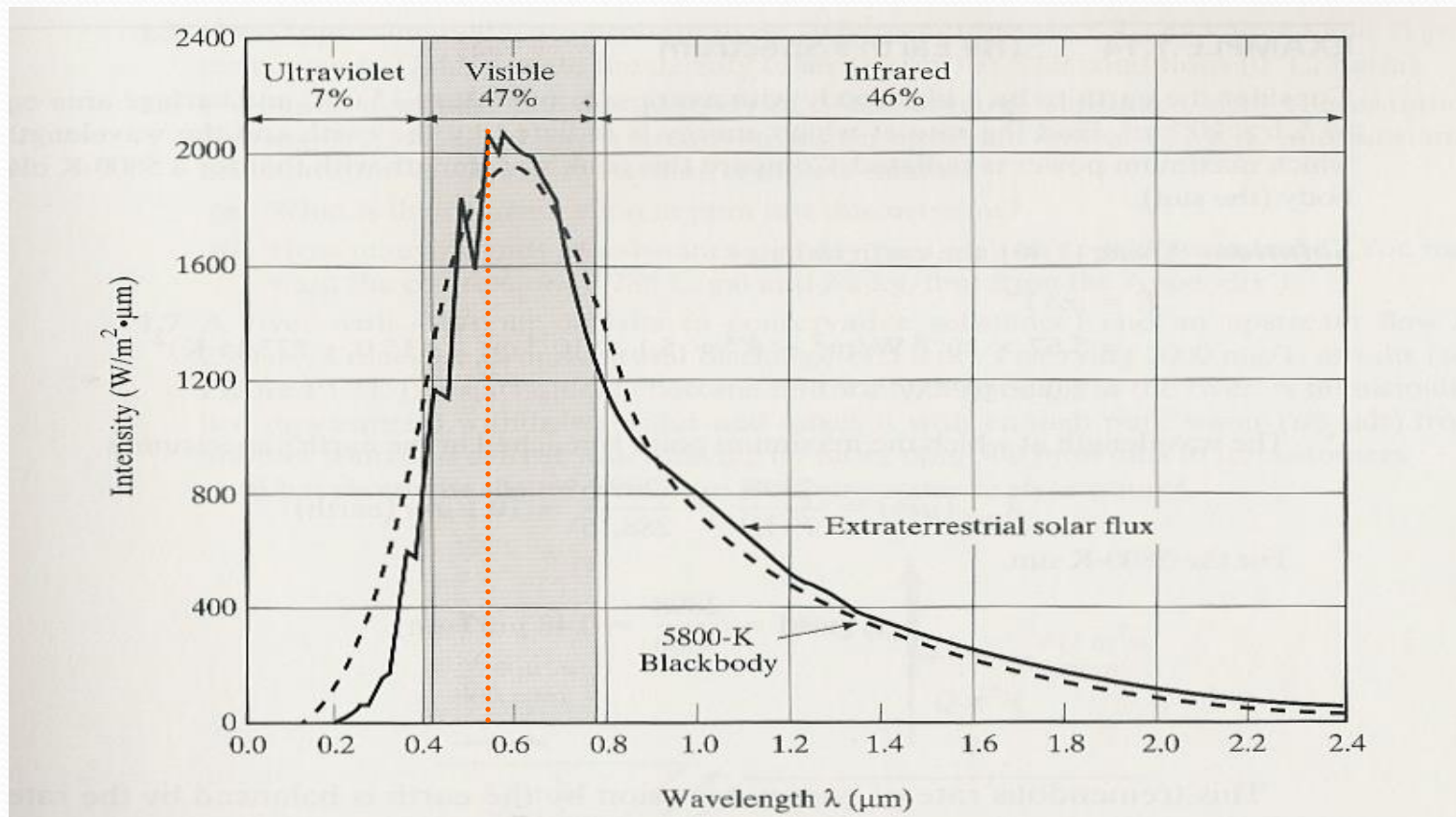
$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T}$$

$\lambda_{\max}$ = Μήκος κύματος που παρατηρείται η μέγιστη εκπομπή ακτινοβολίας

T = απόλυτη θερμοκρασία αντικειμένου (K)

Παράδειγμα 1.12

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας



Ηλιακή Ακτινοβολία (συνεχής γραμμή)

Ακτινοβολία Μέλαν Σώματος με $T = 5800 \text{ } ^\circ\text{K}$ (διακεκομμένη γραμμή)